

ОСОБЕННОСТИ КОНСОЛИДАЦИИ ПЕРЕЛОМА ДИАФИЗА ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ У БОЛЬНЫХ ПРИ ЧРЕСКОСТНОМ ОСТЕОСИНТЕЗЕ МЕТОДОМ ИЛИЗАРОВА

А.Н. Ерохин, В.Т. Тарчоков

ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России
Ул. М. Ульяновой, д. 6, г. Курган, 640014, Россия

Реферат

Актуальность. На основе анализа литературных данных была сформулирована гипотеза о том, что особенности консолидации диафизарных переломов плечевой кости при лечении методом Илизарова обусловлены их количественными характеристиками.

Цель исследования – разработать количественные характеристики диафизарных переломов плечевой кости и проанализировать их взаимосвязь со сроком сращения костных отломков.

Материал и методы. Проанализированы рентгенограммы 41 больного с диафизарными переломами плечевой кости в возрасте от 21 до 60 лет (медиана – 37 лет), из них 19 мужчин и 22 женщин. С применением программы Weasis были разработаны формулы для количественных характеристик диафизарного перелома плечевой кости: удаленности зоны перелома от проксимального метафиза плечевой кости, протяженности зоны перелома и величины смещения отломков. При статистическом анализе фактических данных вычисляли среднее, стандартное отклонение, медиану, минимум, максимум, 25-й процентиль, 75-й процентиль. Для проверки согласия полученных данных с нормальным распределением использовали критерий Шапиро – Уилка. Корреляционный анализ проводили посредством вычисления коэффициентов корреляции Кендалла и Пирсона. Статистическую обработку фактических данных проводили посредством двухвыборочных критериев: непараметрического знаково-рангового критерия Вилкоксона и параметрического *t*-критерия Стьюдента. Статистически значимыми считали эффекты (корреляции и различия) со значениями $p \leq 0,05$. Использовали возможности программного обеспечения Microsoft Office Excell 2007 и программы AtteStat 13.1.

Результаты. Статистический анализ выборки, включающей оскольчатые и винтообразные переломы диафиза плечевой кости, показал, что уровень перелома находился в пределах $40,9 \pm 19,9\%$, распределяясь от 11,6% до 72,4% по длине диафиза. Корреляционный анализ выявил статистически значимую, умеренной силы отрицательную связь между уровнем расположения перелома и сроком консолидации (коэффициент Пирсона $r = -0,46$; $p = 0,0091$). Между протяженностью перелома и сроком консолидации отмечалась статистически значимая положительная умеренной силы связь (коэффициент Пирсона $r = 0,43$; $p = 0,015$). Статистически значимая положительная, слабая связь отмечалась между показателем «пострепозиционная величина смещения» отломков и сроком консолидации (коэффициент Кендалла $\tau = 0,25$; $p = 0,045$). Внутри группы оскольчатых и винтообразных диафизарных переломов плечевой кости отмечался более длительный срок консолидации в выборке с переломами диафиза в зоне до 48,4% удаленности от проксимального конца плечевой кости по сравнению с выборкой переломов, располагающихся ниже указанной границы.

Выводы. Срок сращения перелома диафиза плечевой кости коррелирует со следующими характеристиками: 1) локализацией перелома: чем ближе расположение перелома к дистальному концу плечевой кости, тем меньше срок сращения; 2) протяженностью зоны перелома: чем больше протяженность зоны перелома, тем длительнее срок сращения; 3) пострепозиционной величиной смещения отломков: чем больше величина пострепозиционного смещения отломков, тем длительнее срок сращения. Выявленные зависимости справедливы для диафизарных переломов плечевой кости в пределах от 11 до 72% удаленности перелома от проксимального конца плечевой кости.

Ключевые слова: диафизарные переломы плечевой кости, метод Илизарова, срок консолидации перелома.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-70-80.

Ерохин А.Н., Тарчоков В.Т. Особенности консолидации перелома диафиза плечевой кости у больных при чрескостном остеосинтезе методом Илизарова. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(1):70-80. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-70-80.

Cite as: Erokhin A.N., Tarchokov V.T. [Specifics of Diaphyseal Humerus Fractures Healing in Patients Treated by Ilizarov External Fixation]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(1):70-80. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-70-80.

Ерохин Александр Николаевич. Ул. М. Ульяновой, д. 6, г. Курган, 640014, Россия / Alexander N. Erokhin. 6, ul. M. Ulyanova, Kurgan, 640014, Russia; e-mail: alexnico59@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 01.11.2016. Принята в печать/Accepted for publication: 23.12.2016.

Specifics of Diaphyseal Humerus Fractures Healing in Patients Treated by Ilizarov External Fixation

A.N. Erokhin, V.T. Tarchokov

*Ilizarov Russian Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics»
6, ul. M. Ulyanova, Kurgan, 640014, Russia*

Abstract

Based on the literature data analysis a hypothesis was made that specific features of humeral diaphyseal fractures consolidation process in result of Ilizarov method treatment depend on their quantitative characteristics.

Purpose of the study – to develop quantitative characteristics of diaphyseal humerus fractures and to analyze their correlation to the terms of bone fragments healing.

Materials and methods. The authors studied X-rays of forty one patient with diaphyseal humerus fractures; age of patients ranged from 21 to 60 years (median – 37 years), there were 19 male and 22 female patients. The authors worked out the formulas using Weasis software for quantitative characteristics of diaphyseal humerus fractures: distance of the fracture site from proximal metaphysis of the humerus, extension of the fracture line and degree of bone fragments displacement. During statistical analysis of the recorded data the average standard deviation, median, minimum, maximum, 25th percentile and 75th percentile were calculated. The Shapiro-Wilk test was used to check consistency of recorded data with normal distribution of characteristics. Correlation analysis was performed by calculation of Kendall and Pearson coefficients. Statistical processing of reported data was done by means of unpaired criteria: non-parametric Wilcoxon test and parametric Student t-test. When comparing two samples a null hypothesis was rejected at the level of test significance $p \leq 0.05$. The authors utilized Microsoft Office Excel 2007 and AtteStat, version 13.1.

Results. Statistical analysis of the samples including comminuted and spiral fractures of humeral diaphysis demonstrated that the level of the fracture was within $40.9 \pm 19.9\%$ and distributed from 11.6% to 72.4% along the diaphysis. Correlation analysis demonstrated statistically valid moderate negative relation between the level of fracture site and consolidation period (Pearson correlation coefficient $r = -0.46$; $p = 0.0091$). There is a statistically valid positive moderate relation between extension of the fracture line and consolidation period (Pearson correlation coefficient $r = 0.43$; $p = 0.015$). Statistically valid positive and weak relation was observed between the value of “post-reduction displacement” of bone fragments and consolidation period (Kendall correlation coefficient $\tau = 0.25$; $p = 0.045$). Within the group of comminuted and spiral diaphyseal fractures of the humerus the authors observed a statistically valid longer consolidation period in the sample with diaphyseal fractures, located up to 48.4% away from the proximal end of the humerus as compared to the sample of fractures, located below the indicated border.

Conclusions. Consolidation period of the diaphyseal humerus fractures demonstrated statistically valid correlation with the following characteristics of the fracture: 1) fracture location: the closer to the distal end of the humerus the shorter is consolidation term; 2) extension of the fracture site: the longer is the fracture line the longer is consolidation period; 3) post-reduction degree of bone fragments displacement: the larger is the degree of displacement the longer is consolidation period. The correlations observed during the study are true for diaphyseal humerus fractures located within 11 to 72% away from the proximal end of the humerus.

Keywords: diaphyseal humerus fractures, Ilizarov method, consolidation period.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-70-80.

Competing interests: the authors declare that they have no competing interests.

Funding: the authors have no support or funding to report.

Введение

Анализ литературных данных показал, что лечение закрытых диафизарных переломов плечевой кости до настоящего времени остается актуальной проблемой неотложной травматологии. Предлагаются усовершенствованные технологии накостного остеосинтеза для лечения переломов нижней трети диафиза плечевой кости [7], малоинвазивного закрытого интрамедуллярного остеосинтеза, обеспечивающего устранение типичного варусного смещения отломков при переломах проксимального отдела плечевой кости и их последствий [15], лечения

переломов плечевой кости у детей с помощью титановых эластичных стержней [10], оперативного лечения диафизарных переломов плеча у детей с использованием гвоздей Эндера [5]. Следует отметить, что анализ результатов лечения диафизарных переломов плечевой кости построен на взаимосвязи с методами и подходами к реабилитации [8, 12]. Характерны тенденции к изучению возможностей способов лечения переломов плечевой кости в рамках общей проблемы реабилитации больных с политравмой [2, 13] или совокупности диафизарных переломов различных костей скелета человека [3, 11, 16].

Особенности лечения переломов плечевой кости и их последствий анализируются либо в связи с травмой головки [17, 18] и дистального отдела [6, 14], либо повреждения периферических нервов, чаще – лучевого [1, 4]. Вместе с тем, при лечении больных данной категории не учитываются факторы, связанные с характеристиками диафизарных переломов плечевой кости.

Цель исследования – разработать количественные характеристики диафизарных переломов плечевой кости (удаленность зоны перелома от проксимального метафиза плечевой кости, протяженность зоны перелома, величина первичного и пострепозиционного смещения отломков) и проанализировать взаимосвязь указанных характеристик со сроком сращения костных отломков. Исходной посылкой для определения данных характеристик диафизарного перелома плечевой кости было предположение о том, что они должны в силу своей функциональной значимости оказывать влияние на сроки консолидации перелома.

Материал и методы

Проанализированы рентгенограммы 41 пациента в возрасте от 21 до 60 лет (медиана – 37 лет) с диафизарными переломами плечевой кости, из них 19 мужчин и 22 женщины.

Критерии включения: диафизарный перелом плечевой кости, чрескостный остеосинтез аппаратом Илизарова, возраст от 18 до 65 лет.

Критерии исключения: повреждение дистального отдела плечевой кости и локтевого сустава, повреждение головки плечевой кости, наличие клинических и электромиографических признаков повреждения лучевого, локтевого и срединного нервов, возраст менее 18 и более 65 лет.

Измерения выполняли с использованием программы Weasis*. Рентгенологический контроль осуществляли в течение первых-вторых суток после операции, в случае дополнительных репозиционных действий в послеоперационном периоде – в день коррекции, затем через 3–4 нед. после фиксации в аппарате, далее непосредственно перед снятием аппарата Илизарова и через неделю после снятия аппарата.

Критерии консолидации переломов: рентгенологические признаки активно формирующейся костной мозоли в области перелома; отрицательный результат при выполнении так называемой клинической пробы, которая заключается в раскручивании стержней в аппарате Илизарова, соединяющих базы проксимального и дистального отломков, и определения патологической подвижности и болевых ощущений в зоне

Нами были введены следующие характеристики диафизарного перелома плечевой кости:

1. Относительная удаленность зоны перелома от проксимального метафиза плечевой кости. Для этого в программе использовали группу инструментов из раздела «Измерение». В качестве единицы измерения выбирали миллиметры (рис. 1).



Рис. 1. Рабочее окно программы Weasis при измерении длины проксимального и дистального отломков

Fig. 1. Active window of Weasis software when measuring length of proximal and distal fragments

* <https://dcm4che.atlassian.net/wiki/display/WEA/Home>.

Указанную характеристику перелома рассчитывали по формуле:

$$L_3 = \frac{L_1}{L_1 + L_2} \times 100\%, \quad (1)$$

где L_1 – длина проксимального отломка (мм); L_2 – длина дистального отломка (мм); L_3 – удаленность зоны перелома от проксимального метафиза плечевой кости от величины диафиза плечевой кости (%).

2. Относительную протяженность зоны перелома рассчитывали по формуле:

$$L_p = \frac{L_p^1}{L_1 + L_2} \times 100\%, \quad (2)$$

где L_1 – длина проксимального отломка (мм), L_2 – длина дистального отломка (мм); L_p^1 – протяженность зоны перелома в миллиметрах; L_p – протяженность зоны перелома от величины диафиза плечевой кости (%).

3. Величину первичного смещения отломков рассчитывали в два этапа:

1) определяли величину истинного смещения дистального отломка относительно проксимального в прямой и боковой проекциях по формуле:

$$C = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad (3)$$

где C – истинная величина смещения отломков (мм); a – величина смещения отломков на боковой проекции рентгенограммы (мм); b – величина смещения в прямой проекции рентгенограммы (мм);

2) рассчитывали относительную величину первичного смещения отломков к диаметру диафиза по формуле:

$$C_{\%} = \frac{C}{D} \times 100\%, \quad (4)$$

где $C_{\%}$ – истинная величина смещения по отношению к диаметру диафиза в процентах, C – величина истинного смещения дистального отломка по отношению проксимальному (мм), D – диаметр диафиза (мм).

Пострепозиционную величину смещения отломков ($C_{\%}$ пострепозиционное) рассчитывали аналогично первичной с использованием возможностей Zoom (рис. 2).

При статистическом анализе полученных данных вычисляли среднее, стандартное отклонение, медиану, минимум, максимум, 25-й перцентиль, 75-й перцентиль. Для проверки согласия полученных данных с нормальным распределением использовали критерий Шапиро – Уилка. Корреляционный анализ проводили посредством вычисления коэффициентов корреляции Кендалла и Пирсона.

Статистическую обработку фактических данных проводили посредством двухвыборочных критериев: непараметрического критерия Вилкоксона и параметрического t -критерия Стьюдента. Статистически значимыми считали эффекты (корреляции и различия) со значениями $p \leq 0,05$. Использовали возможности программного обеспечения Microsoft Office Excel 2007 и программы анализа данных AtteStat 13.1.

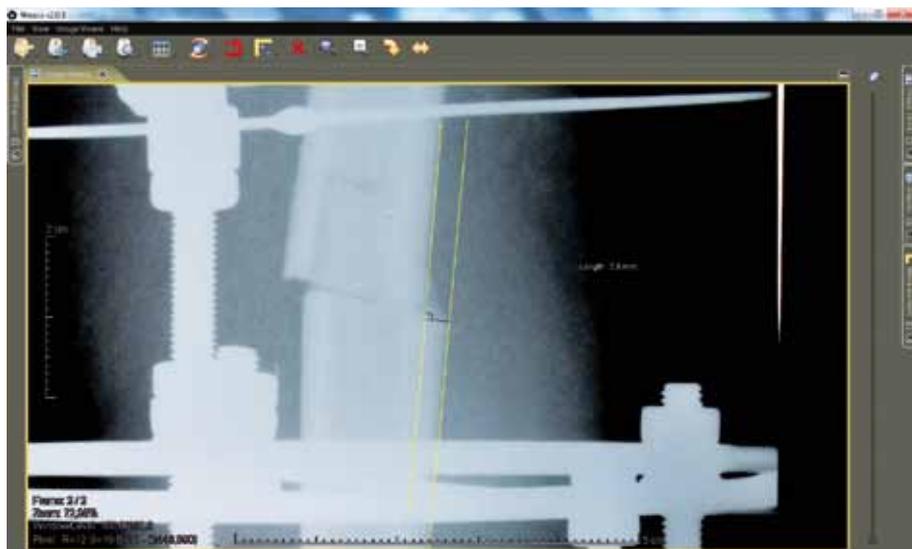


Рис. 2. Рабочее окно программного обеспечения Weasis при измерении остаточного поперечного смещения дистального отломка с использованием возможности Zoom

Fig. 2. Active window of Weasis software when measuring remaining transverse displacement of distal fragment using Zoom option

Результаты

При статистическом анализе данных выборки было определено, что среднее значение относительной удаленности зоны перелома от проксимального метафиза плечевой кости (L_3) находилось в пределах $43,3 \pm 18,0\%$ (ДИ: 37,7–48,8) причем распределение переломов относительно диафиза захватывало область 61,1% протяженностью от 11,3% до 72,4% длины диафиза. Половина всей выборки по уровню переломов располагалась в пределах от 24,8% до 57,1% длины диафиза (табл. 1). Корреляционный анализ показал, что между показателем L_3 и сроком консолидации имеется слабая отрицательная, но статистически значимая связь (коэффициент Кендалла $\tau = -0,23$; $p = 0,037$; Доверительный

95% интервал (ДИ), вычисленный методом Нётер: $-0,41$; $-0,039$)*.

Статистически значимая положительная, умеренной силы связь отмечалась между показателем « $C_{\%}$ пострепозиционное» и сроком консолидации (коэффициент Кендалла $\tau = 0,32$; $p = 0,0034$; 95% ДИ – вычислено методом Нётер: $0,12-0,51$). Выявленная слабо отрицательная статистически значимая связь между уровнем перелома послужила основанием для распределения выборки на основе ведущего признака – относительной удаленности зоны перелома от проксимального метафиза плечевой кости (L_3). Распределение выборки было проведено в соответствии с элементами общепринятой классификации переломов (табл. 2, 3).

Таблица 1/ Table 1

Количественные и статистические характеристики перелома диафиза плечевой кости (n = 41)
Quantitative and statistical characteristics of diaphyseal humerus fracture (n = 41)

Статистический параметр Statistical criteria	Количественные характеристики перелома диафиза плечевой кости, % Quantitative characteristics of diaphyseal humerus fractures, %				Срок консолидации перелома, дни Consolidation term, days
	L_3	L_p	$C_{\%}$ первичное $C_{\%}$ initial	$C_{\%}$ пост-репозиционное $C_{\%}$ post-revision	
Среднее Average	43,3 (46,7–54,2)	18,8 (15,1–22,6)	67,2 (55,2–79,2)	24,4 (17,4–31,5)	71,8 (65,8–77,7)
Стандартное отклонение Standard deviation	18,0	11,9	38,0	22,9	18,9
Медиана Median	48,4 (45,5–54,4)	19,1 (14,6–22,6)	57,7 (46,3–73,7)	16,7 (14,3–26,9)	69 (62–77)
Минимум Minimum	11,3	1,7	13,4	0	42
Максимум Maximum	72,4	54,1	171,8	117,7	121
25-й процентиль 25th percentile	24,8	7,1	37,2	12,3	57
75-процентиль 75th percentile	57,1	24,9	87,2	34,7	82
Гипотеза о нормальности распределения Normal distribution hypothesis	Отклоняется Rejected	Не отклоняется Not rejected	Отклоняется Rejected	Отклоняется Rejected	Не отклоняется Not rejected

В скобках приведены значения 95% доверительного интервала (нижняя и верхняя границы).

Values of 95% of confidence interval (lower and upper borders) are given in brackets.

* Гайдышев И.П. Моделирование стохастических и детерминированных систем : руководство пользователя программы AtteStat. Курган, 2015. 484 с.

Таблица 2/Table 2

Количественные и статистические характеристики косых и поперечных переломов диафиза плечевой кости (n = 10)**Quantitative and statistical characteristics of oblique and transverse fractures of humerus diaphysis (n = 10)**

Статистический параметр Statistical criteria	Количественные характеристики перелома диафиза плечевой кости, % Quantitative characteristics of diaphyseal humerus fractures, %				Срок консолидации перелома, дни Consolidation term, days
	L_3	L_p	$C_{\%}$ первичное $C_{\%}$ initial	$C_{\%}$ пост-репозиционное $C_{\%}$ post-revision	
Среднее Average	50,5 (46,1–54,8)	7,1 (2,9–11,3)	50,4 (30,7–70,1)	8,3 (2,5–14,1)	70,8 (56,2–85,4)
Стандартное отклонение Standard deviation	6,1	6,8	27,5	9,4	20,5
Медиана Median	49,1 (45,5–54,4)	4,7 (3,1–10,0)	47,3 (20,8–77,4)	5,9 (0–20,1)	67,5 (54–91)
Минимум Minimum	41,8	1,7	13,4	0	42
Максимум Maximum	64,5	24,9	102,3	23,7	114
25-й процентиль 25th percentile	47,9	3,3	33,8	0	60
75-процентиль 75th percentile	52,6	8,1	67,2	14,6	77,5
Гипотеза о нормальности распределения Normal distribution hypothesis	Не отклоняется Not rejected	Отклоняется Отклоняется	Не отклоняется Not rejected	Отклоняется Отклоняется	Не отклоняется Not rejected

В скобках приведены значения 95% доверительного интервала (нижняя и верхняя границы).
Values of 95% of confidence interval (lower and upper borders) are given in brackets.

Таблица 3/Table 3

Количественные и статистические характеристики оскольчатых и винтообразных переломов диафиза плечевой кости (n = 31)**Quantitative and statistical characteristics of comminuted and spiral fractures of humerus diaphysis (n = 31)**

Статистический параметр Statistical criteria	Количественные характеристики перелома диафиза плечевой кости, % Quantitative characteristics of diaphyseal humerus fractures, %				Срок консолидации перелома, дни Consolidation term, days
	L_3	L_p	$C_{\%}$ первичное $C_{\%}$ initial	$C_{\%}$ пост-репозиционное $C_{\%}$ post-revision	
Среднее Average	40,9 (33,6–48,3)	22,6 (18,7–26,5)	72,6 (58,1–87,2)	29,6 (21,3–37,9)	72,1 (65,2–78,9)
Стандартное отклонение Standard deviation	19,9	10,7	39,7	23,7	18,7

Статистический параметр Statistical criteria	Количественные характеристики перелома диафиза плечевой кости, % Quantitative characteristics of diaphyseal humerus fractures, %				Срок консолидации перелома, дни Consolidation term, days
	L_3	L_p	$C_{\%}$ первичное $C_{\%}$ initial	$C_{\%}$ пост-репозиционное $C_{\%}$ post-revision	
Медиана Median	40,5 (24,8–56,4)	21,6 (19,0–24,4)	69,7 (47,7–84,3)	24,3 (14,9–34,7)	69 (62–78)
Минимум Minimum	11,6	5,7	19,7	0	47
Максимум Maximum	72,4	54,1	171,8	117,7	121
25- процентиль 25th percentile	22,0	17,6	43,3	14,4	57
75-процентиль 75th percentile	59,7	27,7	94,5	41,2	82,5
Гипотеза о нормальности распределения Normal distribution hypothesis	Не отклоняется Not rejected	Не отклоняется Not rejected	Не отклоняется Not rejected	Отклоняется Rejected	Не отклоняется Not rejected

В скобках приведены значения 95% доверительного интервала (нижняя и верхняя границы).

Values of 95% of confidence interval (lower and upper borders) are given in brackets.

Статистический анализ данных выборки, включающей косые и поперечные переломы диафиза плечевой кости, показал, что уровень перелома находился в пределах $50,5 \pm 6,1\%$ (95% ДИ: 46,1–54,8), распределяясь от 41,8% до 64,5% по длине диафиза. Пятьдесят процентов выборки находилось в пределах от 47,9% до 52,6% длины диафиза. Статистически значимая, положительная, очень высокой силы связь отмечалась между показателем «пострепозиционная величина смещения» отломков и сроком консолидации перелома (коэффициент Кендалла $\tau = 0,95$; $p = 0,00012$; 95% ДИ – вычислено методом Нётер: 0,56–1,34).

Статистический анализ данных выборки, включающей оскольчатые и винтообразные переломы диафиза плечевой кости показал, что показатель L_3 находился в пределах $40,9 \pm 19,9\%$ (95% ДИ: 33,6–48,3), варьируясь от 11,6% до 72,4% по длине диафиза. Пятьдесят процентов выборки находилось в пределах от 22,0% до 59,7% длины диафиза. Корреляционный анализ выявил статистически значимую умеренной силы отрицательную связь между показателем L_3 и сроком консолидации (коэффициент Пирсона $r = -0,46$; $p = 0,0091$; 95% ДИ: -0,70; -0,13). Между показателем L_p и сроком консолидации отмечалась статистически значимая положительная

умеренной силы связь (коэффициент Пирсона $r = 0,43$; $p = 0,015$; 95% ДИ: 0,092–0,68).

Статистически значимая положительная слабая связь отмечалась между показателем « $C_{\%}$ пострепозиционное» и сроком консолидации (коэффициент Кендалла $\tau = 0,25$; $p = 0,045$; 95% ДИ – вычислено методом Нётер: 0,020–0,49).

Сравнительный анализ двух выборок показал наличие статистически значимых различий между характеристиками перелома (L_3 – t - критерий Стьюдента, $p = 0,01$; L_p – критерий Вилкоксона, $p = 0,00023$; $C_{\%}$ первичное – t -критерий Стьюдента, $p = 0,03$; $C_{\%}$ пострепозиционное – критерий Вилкоксона, $p = 0,0026$) и отсутствие таковых между сроками консолидации перелома – критерий Стьюдента, $p = 0,43$.

Результаты анализа позволили предположить, что изначально ведущей характеристикой, определяющей срок консолидации перелома диафиза плечевой кости, является признак L_3 – относительная удаленность зоны перелома от проксимального метафиза плечевой кости. Это послужило основанием для распределения всей выборки больных по уровню расположения перелома. Пограничной линией для формирования двух выборок явилась медиана – 48,4% длины диафиза (табл. 4, 5).

Таблица 4/Table 4

Проксимальная локализация перелома (до значения медианы 48,4%, n = 20)
Proximal location of the fracture (up to median of 48,4%, n = 20)

Статистический параметр Statistical criteria	Количественные характеристики перелома диафиза плечевой кости,% Quantitative characteristics of diaphyseal humerus fractures, %				Срок консолидации перелома, дни Consolidation term, days
	L_3	L_p	$C_{\%}$ первичное $C_{\%}$ initial	$C_{\%}$ пост-репозиционное $C_{\%}$ post-revision	
Среднее Average	27,8 (22,1–33,5)	21,0 (14,4–27,7)	65,3 (44,8–85,7)	31,0 (18,9–43,1)	77,4 (66,5–88,2)
Стандартное отклонение Standard deviation	12,3	14,1	46,6	27,5	23,3
Медиана Median	24,1 (20,2–39,3)	21,6 (8,4–31,4)	47,0 (33,8–88,2)	27,4 (14,3–43,2)	76,5 (57–94)
Минимум Minimum	11,3	3,1	13,4	0	42
Максимум Maximum	48,2	54,1	171,8	117,7	121
25-перцентиль 25th percentile	19,8	7,9	33,3	13,9	56,5
75-перцентиль 75th percentile	39,6	31,6	92,7	43,6	95,25
Гипотеза о нормальности распределения Normal distribution hypothesis	Не отклоняется Not rejected	Не отклоняется Not rejected	Отклоняется Rejected	Отклоняется Rejected	Не отклоняется Not rejected

В скобках приведены значения 95% доверительного интервала (нижняя и верхняя границы).
 Values of 95% of confidence interval (lower and upper borders) are given in brackets.

Таблица 5/Table 5

Дистальная локализация перелома (после значения медианы 48,4%, n = 21)
Distal location of the fracture (beyond median of 48,4%, n = 21)

Статистический параметр Statistical criteria	Количественные характеристики перелома диафиза плечевой кости,% Quantitative characteristics of diaphyseal humerus fractures, %				Срок консолидации перелома, дни Consolidation term, days
	L_3	L_p	$C_{\%}$ первичное $C_{\%}$ initial	$C_{\%}$ пост-репозиционное $C_{\%}$ post-revision	
Среднее Average	57,9 (55,1–60,9)	16,7 (12,6–20,8)	69,1 (56,9–81,3)	18,2 (11,4–24,9)	66,5 (61,1–71,8)
Стандартное отклонение Standard deviation	6,3	9,1	28,5	15,8	11,8
Медиана Median	57,1 (54,2–60,6)	19,0 (14,6–21,6)	69,8 (55,5–83,7)	14,8 (12,3–20,1)	65 (60–73)

Статистический параметр Statistical criteria	Количественные характеристики перелома диафиза плечевой кости, % Quantitative characteristics of diaphyseal humerus fractures, %				Срок консолидации перелома, дни Consolidation term, days
	L_3	L_p	$C_{\%}$ первичное $C_{\%}$ initial	$C_{\%}$ пост-репозиционное $C_{\%}$ post-revision	
Минимум Minimum	48,3	1,1	20,8	0	47
Максимум Maximum	72,4	34,9	136,1	53,5	91
25-перцентиль 25th percentile	53,1	7,1	51,7	11,9	58
75-перцентиль 75th percentile	60,8	21,7	84,3	23,7	75
Гипотеза о нормальности распределения Normal distribution hypothesis	Не отклоняется Not rejected	Не отклоняется Not rejected	Отклоняется Rejected	Отклоняется Rejected	Не отклоняется Not rejected

В скобках приведены значения 95% доверительного интервала (нижняя и верхняя границы).
Values of 95% of confidence interval (lower and upper borders) are given in brackets.

Сравнение данных выборок по показателю «срок консолидации перелома» показал статистически значимое различие – t -критерий Стьюдента, $p = 0,036$.

Обсуждение

Влияние уровня расположения диафизарного перелома плечевой кости на срок его консолидации практически не обсуждалось в литературе. Вместе с тем, результаты нашего исследования показали, что локализация диафизарного перелома плечевой кости по отношению к проксимальному отделу оказывает влияние на срок его консолидации. Смещение уровня перелома к дистальному концу плечевой кости обуславливает ускорение процесса консолидации костных отломков. Причина выявленного нами феномена заключается, по-видимому, в особенностях кровоснабжения плечевой кости, которые заключаются в том, что интенсивность его усиливается в направлении от проксимального конца диафиза к дистальному. Это обусловлено спецификой системы кровоснабжения плечевой кости, которая характеризуется тем, что на диафизе плечевой кости в 86% случаев располагается одно питательное отверстие, находящееся на медиальной поверхности диафиза ниже его середины [9]. Эта закономерность выявляется для винтообразных и оскольчатых переломов, которые захватывают 60,8% длины диафиза

плечевой кости, но не проявляется при косых и поперечных переломах, охватывающих 22,7% длины диафиза. Особенно четко эта закономерность проявляется внутри группы оскольчатых и винтообразных диафизарных переломов плечевой кости, когда отмечался значимо более длительный срок консолидации в выборке с переломами диафиза в зоне до 48,4% удаленности от проксимального конца плечевой кости по сравнению с выборкой переломов, располагающихся ниже указанной границы.

Выводы

Срок сращения перелома диафиза плечевой кости статистически значимо коррелирует со следующими его характеристиками:

а) локализацией: чем ближе расположение перелома к дистальному концу плечевой кости, тем меньше срок сращения;

б) протяженностью зоны: чем больше протяженность зоны перелома, тем длительнее срок сращения;

в) пострепозиционной величиной смещения отломков: чем больше величина пострепозиционного смещения отломков, тем длительнее срок сращения.

Выявленные зависимости справедливы для диафизарных переломов плечевой кости в пределах от 11 до 72% удаленности перелома от проксимального конца плечевой кости.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Литература

1. Боголюбовский Ю.Ф., Клюквин И.Ю., Сластилин В.В. Современное состояние проблемы диагностики и лечения закрытых диафизарных переломов плечевой кости, осложненных нейропатией лучевого нерва (обзор литературы). *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2015;(4):30-38.
2. Брусенкаева Е.М., Аршидинов Р.А., Ермолин Е.П., Клановец Е.К. Результаты блокирующего интрамедуллярного остеосинтеза диафизарных околосуставных переломов у больных с политравмой. *Вестник КГМА им. И.К. Ахунбаева*. 2010;(3):62-64.
3. Джоджуа А.В. Ретроградный остеосинтез бедренной и плечевой костей. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова*. 2008;3(2): 25-27.
4. Ерохин А.Н., Сысенко Ю.М. К вопросу о диагностике и лечении поврежденных лучевого нерва. *Гений ортопедии*. 2000;(2):34-37.
5. Кузьмин В.П., Тарасов С.О., Попов И.Н., Миронов С.В., Войтенков А.Ф., Кононир Н.Н., Крылова Н.Н. Монолатеральный малоинвазивный остеосинтез диафизарных переломов плеча у детей. *Травматология и ортопедия России*. 2012;1(63):94-97.
6. Литвинов И.И., Ключевский В.В., Рыжкин А.А. Накостный остеосинтез переломов нижней трети диафиза плечевой кости. *Травматология и ортопедия России*. 2011;1(59):117-120.
7. Мусоев Д.С. Остеосинтез при лечении диафизарных переломов длинных трубчатых костей у детей. *Вестник Авиценны*. 2015;3(64):37-41.
8. Николенко В.Н., Фомичева О.А. Морфология источников кровоснабжения диафиза плечевой кости. *Морфологические ведомости*. 2007;(1-2):95-98.
9. Новиков И.Ю., Попков Д.А. Опыт лечения переломов плечевой кости у детей с применением титановых эластичных стержней. *Гений ортопедии*. 2013;(1):28-31.
10. Побел Е.А. Результаты лечения пациентов с диафизарными переломами длинных костей конечностей (ретроспективный анализ). *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2012;(4):90-93.
11. Попсуишапка А.К., Ужигова О.Е., Литвишко В.А. Частота несращения отломков при изолированных диафизарных переломах длинных костей конечностей. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2013;(1): 39-43.
12. Сироджов К.Х., Исупов Ш.А., Рахимов А.Т. Оптимизация остеосинтеза осложненного перелома плечевой кости у больных с политравмой. *Практическая медицина*. 2014;5(81):119-121.
13. Солод Э.И., Лазарев А.Ф., Цыкунов М.Б., Джанибеков М.Х. Оптимизация реабилитационного процесса при оперативном лечении переломов дистального конца плеча. *Вестник восстановительной медицины*. 2015;(3):29-32.
14. Челноков А.Н., Лаврукова Е.А. Способ закрытого интрамедуллярного остеосинтеза при переломах проксимального отдела плечевой кости с варусной деформацией. *Травматология и ортопедия России*. 2015;(4):52-59.
15. Lascombes Pierre, Попков Д.А., Коробейников А.А. Интрамедуллярный эластичный остеосинтез при диафизарных переломах у детей (часть 2). *Гений ортопедии*. 2014;(4):108-115.
16. Ruter A. [Indication and technique for shoulder endoprotheses in fractures]. *Chirurg*. 2001;72(11): 1246-1252. (in German).
17. Stangl R., Hennig F. [Fractures of the upper arm close to the shoulder, including joint replacement]. *Trauma Berufskrankheit*. 2000;2(Supple 2):S180-185. (in German).

References

1. Bogolyubskii Yu.F., Klyukvin I.Yu., Slastinin V.V. [The current state of diagnostic problems and treatment of closed diaphyseal fractures of the humerus, the radial nerve neuropathy complicated (review).] *Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo «Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch'»* [Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care]. 2015;(4):30-38. (in Russian).
2. Brusenkaya E.M., Arshidinov R.A., Ermolin E.P., Klanovets E.K. [Results locking intramedullary nailing of diaphyseal periarticular fractures in patients with polytrauma]. *Vestnik KGMA im. I.K. Akhumbaeva* [Journal of Kyrgyz State Medical Academy named after Ahunbaev]. 2010;(3):62-64. (in Russian).
3. Dzhodzhuia A.V. [Retrograde osteosintez femur and humerus bones]. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra im. N.I. Pirogova* [Journal of the National Medical and Surgical Center named after Pirogov]. 2008;3(2):25-27. (in Russian).
4. Erokhin A.N., Sysenko Yu.M. [To a question about the diagnosis and treatment of damage to the radial nerve]. *Genij ortopedii* [Genius of Orthopaedics]. 2000;(2):34-37. (in Russian).
5. Kuz'min V.P., Tarasov S.O., Popov I.N., Mironov S.V., Voitenkov A.F., Kononir N.N., Krylova N.N. [Is unilateral minimally invasive osteosynthesis of diaphyseal fractures of the shoulder in children]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012;1(63):94-97. (in Russian).
6. Litvinov I.I., Klyuchevskii V.V., Ryzhkin A.A. [Osteosynthesis of fractures of the lower third of the diaphysis of the humerus]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2011; 1(59):117-120. (in Russian).
7. Musoev D.S. [Osteosynthesis in the treatment of diaphyseal fractures of long bones in children]. *Vestnik Avitsenny* [Avicenna Journal]. 2015;3(64):37-41. (in Russian).
8. Nikolenko V.N., Fomicheva O.A. [The morphology of the sources of blood supply to the diaphysis of the humerus]. *Morfologicheskie vedomosti* [Morphological Bulletin]. 2007;(1-2):95-98. (in Russian).
9. Novikov I.Yu., Popkov D.A. [Experience in the treatment of fractures of the humerus in children with elastic titanium rods]. *Genij ortopedii* [Genius of Orthopaedics]. 2013;(1): 28-31. (in Russian).
10. Pobel E.A. [Results of treatment of patients with diaphyseal fractures of the long bones of the limbs (retrospective analysis)]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye* [Orthopedics, Traumatology and Prosthetics]. 2012;(4): 90-93. (in Russian).
11. Popsuishapka A.K., Uzhigova O.E., Litvishko V.A. [The frequency of nonunion of bone fragments for isolated diaphyseal fractures of long bones of limbs]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye* [Orthopedics, Traumatology and Prosthetics]. 2013;(1):39-43. (in Russian).

12. Sirodzhov K.Kh., Isupov Sh.A., Rakhimov A.T. [Optimization of osteosynthesis of complicated fracture of the humerus in patients with polytrauma]. *Prakticheskaya meditsina* [Practical Medicine]. 2014;5(81):119-121. (in Russian).
13. Solod E.I., Lazarev A.F., Tsykunov M.B., Dzhaniybekov M.Kh. Optimization of the rehabilitation process in the surgical treatment of fractures of the distal end of the shoulder]. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny* [Bulletin of Restorative Medicine] 2015;(3):29-32. (in Russian).
14. Chelnokov A.N., Lavrukova E.A. [The method of closed intramedullary nailing for fractures of the proximal humerus with a varus deformity]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2015;(4):52-59. (in Russian).
15. Lascombes Pierre, Popkov D.A., Korobeinikov A.A. [Elastic Intramedullary osteosynthesis at diaphyseal fractures in children (part 2)]. *Genij ortopedii* [Genius of Orthopaedics]. 2014;(4):108-115. (in Russian).
16. Ruter A. [Indication and technique for shoulder endoprostheses in fractures]. *Chirurg.* 2001;72(11): 1246-1252. (in German).
17. Stangl R., Hennig F. [Fractures of the upper arm close to the shoulder, including joint replacement]. *Trauma Berufskrankheit.* 2000;2(Supple 2):S180-185. (in German).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ерохин Александр Николаевич – д-р мед. наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Российский научный центр “Восстановительная травматология и ортопедия” им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России

Тарчоков Вячеслав Тимофеевич – младший научный сотрудник ФГБУ «Российский научный центр “Восстановительная травматология и ортопедия” им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Alexander N. Erokhin – Dr. Sci. (Med.), Assistant Professor, Leading Researcher, Ilizarov Russian Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics»

Vyacheslav T. Tarchokov – Researcher, Ilizarov Russian Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics»